



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

**04102204.7**

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

**BEST AVAILABLE COPY**



Anmeldung Nr: .....  
Application no.: 04102204.7  
Demande no: .....

Anmeldetag: .....  
Date of filing: 18.05.04  
Date de dépôt: .....

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Interglass Technology AG  
Hinterbergstrasse 26  
6330 Cham  
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren und Vorrichtung zum Trennen einer gegossenen Linse von einer Formschale

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

B29D11/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PL PT RO SE SI SK TR LI

## Verfahren und Vorrichtung zum Trennen einer gegossenen Linse von einer Formschale

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trennen einer gegossenen Linse von einer Formschale der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art und eine dazu geeignete Vorrichtung.

5 Aus der internationalen Patentanmeldung WO 02/087861 ist eine Fertigungslinie für die Herstellung von optischen Linsen bekannt. Bei dieser Herstellungsmethode wird ein Monomer in eine durch zwei Formschalen und eine Dichtung begrenzte Kavität gegossen und polymerisiert, wobei die Linse entsteht. Anschliessend wird die Dichtung entfernt und die Linse in einer Trennvorrichtung von den beiden Formschalen getrennt. Die beiden Formschalen werden nacheinander von der Linse getrennt. Die Trennvorrichtung besteht aus einer Halterung, die die Linse festhält, einem Kraftgeber, der eine Kraft auf  
10 die Linse ausübt, vorzugsweise an der Schnittstelle zwischen der Linse und der Formschale, und einem zweiten Kraftgeber, der eine Kraft auf die Formschale ausübt.

Das Abtrennen der Linse von den beiden Formschalen ist ein heikler Prozess, bei dem ein erhebliches Risiko besteht, dass die Linse und/oder die Formschalen beim Trennvorgang beschädigt oder zerstört werden. Aus diesem Grund erfolgt das Abtrennen immer noch von Hand, das Trennverfahren der  
15 WO 02/087861 hat sich nicht bewährt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, die das Abtrennen der Linse von den beiden Formschalen ermöglicht, ohne die Linse oder die Formschalen zu beschädigen.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1, 5 und 10.

20 Die beiden Formschalen werden allgemein als hintere und vordere Formschale bezeichnet. Bei diesem Verfahren ist es allerdings unwichtig, welche der beiden Formschalen als hintere und welche als vordere Formschale bezeichnet ist. Die der Linse zugewandte Seite einer Formschale wird als Aktivseite und die der Linse abgewandte Seite wird als Passivseite bezeichnet.

Für das Abtrennen der Linse von den beiden Formschalen wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem  
25 das Trennwerkzeug mit einer Kraft auf der Linse entlang der Schnittstelle zwischen der Linse und der von der Linse abzutrennenden Formschale geführt wird. Das Trennwerkzeug ist bevorzugt stumpf ausgebildet und rollt auf der Linse ab, möglichst ohne auf der Linse zu gleiten oder zu schleifen. Es kommt nur auf Relativbewegungen an:

- Es kann entweder das Trennwerkzeug oder der Verbund aus Linse und Formschalen entsprechend der  
30 Lage der Schnittstelle verstellt werden.
- Das Trennwerkzeug drückt beim Trennvorgang mit einer vorbestimmten Kraft gegen die Linse oder die Linse wird mit einer vorbestimmten Kraft gegen das Trennwerkzeug gedrückt.
- Es wird entweder der Verbund aus Linse und Formschalen gedreht und das Trennwerkzeug rollt passiv

auf der Linse ab oder es wird das Trennwerkzeug gedreht und die Linse rollt passiv auf dem Trennwerkzeug ab.

Der Trennvorgang erfolgt vorzugsweise, indem vom Greifer eine Zugkraft auf die Passivseite der vorderen Formschale, sofern diese abzutrennen ist, bzw. auf die Linse, sofern die Linse von der hinteren Formschale abzutrennen ist, ausgeübt wird. Bei gewissen Linsen kann es jedoch erforderlich sein, dass zu Beginn des Trennvorgangs vom Greifer zunächst eine Druckkraft auf die Formschale bzw. die Linse ausgeübt wird, und erst im Verlaufe des Trennvorgangs, aber bevor die Linse und die abzutrennende Formschale vollständig voneinander gelöst sind, die Druckkraft abgebaut und eine Zugkraft aufgebaut wird. Zug- und Druckkraft können während des Trennvorgangs auch alternierend gemäss einem bestimmten Profil angelegt werden, um den Trennvorgang zu unterstützen.

Der Greifer kann zudem, zusätzlich oder anstelle von Zug- und Druckkraft, eine Scherkraft, d.h. eine seitlich gerichtete Kraft auf die Formschale bzw. die Linse ausüben.

Eine für die Durchführung des Verfahrens besonders geeignete Vorrichtung umfasst eine um eine erste Drehachse drehbare, von einem ersten Motor angetriebene Halterung, die die hintere Formschale festhält, einen Greifer, vorzugsweise einen Sauggreifer, der auf die vordere Formschale bzw. nach deren Entfernung auf die Linse eine Zugkraft ausübt, ein um eine zweite Achse drehbares Trennwerkzeug, das mittels eines Kraftgebers seitlich gegen die Linse gedrückt wird, einen zweiten Motor, um eine längs der ersten Drehachse gemessene Höhe  $H$  des Trennwerkzeugs zu verstellen, und eine Steuereinrichtung, die den zweiten Motor so steuert, dass die Höhe  $H$  des Trennwerkzeugs der Schnittstelle zwischen der abzutrennenden Formschale und der Linse folgt, dabei jedoch auf die Linse und nicht auf die abzutrennende Formschale drückt.

Die Drehlage der Formschale ist charakterisiert durch einen Drehwinkel  $\theta$ . Die Formschale weist eine Markierung für den Drehwinkel  $\theta = 0^\circ$  auf. Bevor der Trennvorgang durchgeführt werden kann, müssen die Drehlage der abzutrennenden Formschale und die Höhe der Schnittstelle zwischen der abzutrennenden Formschale und der Linse als Funktion des Drehwinkels  $\theta$  bekannt sein. Zudem muss die azimuthale Position  $\theta_s$  des Trennwerkzeugs bekannt sein.

Der der Schnittstelle zugewandte Rand einer Formschale ist mathematisch definiert durch eine Funktion  $R(\theta)$ , die den Abstand des Randes in Bezug auf eine Referenzstelle der Formschale in Funktion des Drehwinkels  $\theta$  beschreibt. Die Funktion  $R(\theta)$  wird entweder für jede Formschale durch eine Messung bestimmt und in einer der Steuereinrichtung zugänglichen Speicher gespeichert oder während des Trennvorgangs mittels eines Sensors erfasst.

Die Lage der Schnittstelle  $H_v(\theta)$  zwischen der vorderen Formschale und der Linse ergibt sich zu  $H_v(\theta) = H_1 - R_v(\theta)$ , wobei die Höhe  $H_1$  die Höhe der Referenzstelle der vorderen Formschale, wenn der

- Verbund aus der Linse und den beiden Formschalen auf der Halterung fixiert ist, und die Funktion  $R_v(\theta)$  die der vorderen Formschale zugeordnete Funktion  $R(\theta)$  bezeichnen. Die Lage der Schnittstelle  $H_h(\theta)$  zwischen der hinteren Formschale und der Linse ergibt sich zu  $H_h(\theta) = H_2 + R_h(\theta)$ , wobei die Höhe  $H_2$  die Höhe der Referenzstelle der hinteren Formschale, wenn der Verbund auf der Halterung fixiert ist, und
- 5 die Funktion  $R_h(\theta)$  die der hinteren Formschale zugeordnete Funktion  $R(\theta)$  bezeichnen. Die Höhe  $H_1$  muss vor dem Trennvorgang durch eine Messung ermittelt werden, da die Linse bei der Aushärtung eine gewisse Schrumpfung erfährt, es sei denn, die Linse besteht aus einem Material, das bei der Aushärtung nicht schrumpft. Die Höhe  $H_2$  ist in der Regel konstant und muss daher nur einmal, bei der Kalibrierung der Trennvorrichtung, bestimmt werden.
- 10 Die Schnittstelle zwischen der abzutrennenden Formschale und der Linse ist charakterisiert durch eine mathematische Funktion ohne Ausdehnung, während das Trennwerkzeug eine endliche Dicke bzw. Ausdehnung aufweist. Beim Trennen der vorderen Formschale von der Linse wird die Höhe des Trennwerkzeugs in Funktion des Drehwinkels  $\theta$  geregelt auf eine Höhe  $H_v(\theta) - \Delta H_0$ , wobei die
- 15  $\Delta H_0$  beträgt beispielsweise 0.3 mm. Beim Trennen der hinteren Formschale von der Linse wird die Höhe des Trennwerkzeugs in Funktion des Drehwinkels  $\theta$  geregelt auf eine Höhe  $H_v(\theta) + \Delta H_0$ . So ist in beiden Fällen gewährleistet, dass das Trennwerkzeug jeweils neben der Schnittstelle zwischen der abzutrennenden Formschale und der Linse auf die Linse drückt und der Schnittstelle folgt, dass das Trennwerkzeug aber nicht auf die Formschale drückt.
- 20 Es gibt Linsen, die eine Abplattung aufweisen. Die Abplattung kann beispielsweise vom Abgiessen herrühren. Um bei solchen Linsen eine Beschädigung zu vermeiden, wird die vom Trennwerkzeug ausgeübte Kraft reduziert, vorzugsweise auf den Wert Null, wenn sich die Abplattung im Bereich des Trennwerkzeugs befindet.
- Der Trennvorgang kann durch Zuführen eines Trennmittels unterstützt werden, sei es in der Form einer
- 25 Flüssigkeit, beispielsweise einer Seifenlösung, eines Gases oder eines Pulvers oder einer Mischung davon. Das Trennmittel kann zudem kalt sein, um eine Kühlung der Linse zu bewirken. Alternativ kann das Trennmittel heiss sein, um den Trennvorgang zu unterstützen.
- Die vom Trennwerkzeug auf die Linse ausgeübte Kraft kann orthogonal auf die Seitenwand der Linse gerichtet sein oder unter einem konstanten oder einem variierenden, vom Drehwinkel  $\theta$  abhängigen
- 30 Winkel.
- Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen: Fig. 1 eine Vorrichtung zum Abtrennen einer gegossenen Linse von einer vorderen und

einer hinteren Formschale in seitlicher Ansicht,

Fig. 2, 3 Teile der Vorrichtung in seitlicher Ansicht bzw. in einer Schnittzeichnung,

Fig. 4 eine Linse in Aufsicht,

Fig. 5-7 verschiedene Kraftprofile, und

Fig. 8, 9 weitere Vorrichtungen zum Abtrennen einer gegossenen Linse von den Formschalen.

Die Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zum Abtrennen einer gegossenen Linse 1 von einer vorderen Formschale 2 und einer hinteren Formschale 3 schematisch und in seitlicher Ansicht. Die beiden Formschalen 2, 3 und die Linse 1 stellen einen Verbund 4 dar. Die Vorrichtung umfasst eine um eine erste Drehachse 5 drehbare, von einem ersten 6 Motor angetriebene Halterung 7, die die hintere Formschale 3 des Verbunds 4 festhält, einen vorzugsweise als Sauggreifer ausgebildeten Greifer 8, der auf die vordere Formschale 2 bzw. nach deren Entfernung auf die Linse 1 eine Kraft, eine Druckkraft oder eine Zugkraft ausübt, ein Trennwerkzeug 9, das mittels eines Kraftgebers 10 seitlich gegen die Linse 1 gedrückt wird, einen zweiten Motor 11, um eine längs der ersten Drehachse 5 gemessene Höhe H des Trennwerkzeugs 9 zu verstellen, und eine Steuereinrichtung 12, die den zweiten Motor 11 in Abhängigkeit des Drehwinkels  $\theta$  der abzutrennenden Formschale so steuert, dass das Trennwerkzeug 9 immer unmittelbar neben der Schnittstelle 13 zwischen der abzutrennenden Formschale 2 bzw. 3 und der Linse 1 auf die Linse 1 drückt, d.h. dass die Höhe H des Trennwerkzeugs 9 der Höhe der Schnittstelle 13 nachgeführt wird. Die Vorrichtung umfasst fakultativ eine oder mehrere Gegendruckrollen 14, die der vom Trennwerkzeug 9 ausgeübten Kraft entgegenwirken. Falls zwei Gegendruckrollen 14 vorhanden sind, sind sie symmetrisch bezüglich der Richtung der Kraft angeordnet, die das Trennwerkzeug 9 auf die Linse 1 ausübt.

Der Greifer 8 ist an einem Roboterarm 15 gelagert und zwar vorzugsweise mittels einer Feder 16. Der Greifer 8 ist zudem um eine zweite Drehachse 17 drehbar gelagert, damit der Greifer 8 mit der vorderen Formschale 2 mitdrehen kann, wenn der erste Motor 6 die Halterung 7 mit dem Verbund 4 um die erste Drehachse 5 dreht. Die Drehachse 17 fällt im Idealfall mit der Drehachse 5 zusammen. Da dies wegen unvermeidlicher Toleranzen aber nicht genau erreichbar ist, ist der Greifer 8 mit einem gewissen radialen Spiel am Roboterarm 15 gelagert. Anstelle der Lagerung über die Feder 16 könnte auch eine pneumatische Lagerung des Greifers 8 am Roboterarm 15 vorgesehen sein. Bei dieser Lösung ist die vom Greifer 8 auszuübende Kraft pneumatisch einstellbar.

Der Kraftgeber 10 ist vorzugsweise ein pneumatisch mittels zweier Druckkammern 18, 19 gesteuerter Kolben 20. Der Druck in der ersten Druckkammer 18 ist beispielsweise konstant und der Druck in der zweiten Druckkammer 19 wird von einem Ventil gesteuert. Die Differenz der in den beiden Druckkammern 18, 19 herrschenden Drücke definiert die vom Kolben 20 ausgeübte Kraft.

Die maximale Auslenkung des Kraftgebers 10 wird durch einen Anschlag begrenzt, um sicherzustellen,

dass das Trennwerkzeug 9 beim Trennvorgang, wenn die Linse 1 und die Formschale deformiert werden und zwischen der Linse 1 und der abzutrennenden Formschale 2 bzw. 3 ein Spalt entsteht, nicht in Berührung mit der abzutrennenden Formschale kommt, da die Formschale sonst beschädigt werden könnte.

- 5 Die Fig. 2 zeigt die Halterung 7, den Greifer 8 und das Trennwerkzeug 9 in seitlicher Ansicht, die Fig. 3 zeigt die gleichen Teile im Schnitt. In der Fig. 2 ist der Verlauf der beiden Schnittstellen 13 ersichtlich. Mit je einer gestrichelten Linie 21 bzw. 22 ist die Kurve dargestellt, auf der das Trennwerkzeug 9 geführt wird.

- 10 Die Halterung 7 enthält eine Führung 23 (Fig. 3), auf der die Passivseite 24 der hinteren Formschale 3 aufliegt, und ein deformierbares Dichtungselement 25, das einen zwischen der Halterung 7 und der hinteren Formschale 3 gebildeten Hohlraum 26 abdichtet.

- Die vordere und die hintere Formschale 2 bzw. 3 enthalten je eine Markierung 28 (einen sogenannten Tabo Strich, Fig. 2), die als Referenz für den Drehwinkel dient, z.B. den Drehwinkel  $\theta = 0^\circ$  charakterisiert. Die Passivseite der Formschalen 2, 3 ist in der Regel eine Kugelfläche 29 (Fig. 3), die am  
15 Rand in einen ebenen Flächenabschnitt 30 übergeht. Dieser ebene Flächenabschnitt 30 eignet sich schlecht als Referenzfläche für die Funktion  $R(\theta)$ , die die Höhe des Randes der Aktivseite der Formschale charakterisiert. Die Definition und Bestimmung der Funktion  $R(\theta)$  erfolgt deshalb bevorzugt mit Bezug auf die Kugelfläche 29, und wird am Beispiel der hinteren Formschale 3 näher erläutert, gilt aber in gleicher Weise für die vordere Formschale 2. Die hintere Formschale 3 wird auf die Führung 23  
20 der Halterung 7 aufgelegt. Die Führung 23 ist ein Torus, dessen Grösse so bemessen ist, dass die Kugelfläche der Passivseite 24 im Bereich ihres Randes zur Auflage auf der Führung 23 kommt. Die Formschale wird dabei so auf die Halterung 7 aufgelegt, dass sie möglichst symmetrisch bezüglich der Drehachse 5 ausgerichtet ist. Nun wird die Halterung 7 gedreht, bis die Markierung 28 eine vorbestimmte Lage einnimmt. Die Halterung 7 wird nun einmal um  $360^\circ$  gedreht und dabei die Höhe des  
25 Randes 31 der Aktivseite 32 mittels eines Sensors in Funktion des Drehwinkels  $\theta$  gemessen und als Funktion  $R(\theta)$  gespeichert. Diese Messung muss nur einmal durchgeführt werden. Sie erfolgt vorzugsweise in einer gesonderten Messstation, die eine gleiche Halterung wie die Halterung 7 enthält. Eine andere Möglichkeit besteht darin, auf dem Rand der Formschalen eine zusätzliche Markierung 36 anzubringen, die als Referenz für die Funktion  $R(\theta)$  dient.

- 30 Das Trennwerkzeug 9 ist bevorzugt eine um eine Achse 33 drehbare Scheibe, deren Rand stumpf ausgebildet ist, damit die Scheibe nicht in die Linse 1 hineinschneidet. Der Rand der Scheibe ist beispielsweise etwa 0.5 mm breit. Die Achse 33 ist eine passive Achse, so dass der Rand der Scheibe auf der Linse 1 ohne zu Gleiten oder Schleifen abrollt, wenn der erste Motor 6 den Verbund 4 dreht. Die Achse 33 des Trennwerkzeugs 9 ist bevorzugt gegenüber der Drehachse 5 um einen vorbestimmten

Winkel  $\alpha$  geneigt, damit die vom Trennwerkzeug 9 auf die Linse 1 ausgeübte Kraft eine die Zugkraft des Greifers 8 unterstützende Komponente hat. Die Zugkraft des Greifers 8 ist per Definition entlang der Drehachse 5 und in Richtung weg von der Halterung 7 gerichtet.

Das Trennen der Linse 1 von den beiden Formschalen 2, 3 erfolgt gemäss den folgenden Verfahrensschritten, die jeweils im Detail beschrieben sind:

1. Der aus den beiden Formschalen 2, 3 und der Linse 1 bestehende Verbund 4 wird auf der Halterung 7 platziert und auf dieser fixiert.

Der Verbund 4 wird vom Roboterarm 15 lagegenau auf der Führung 23 der Halterung 7 platziert, wobei die Passivseite 24 der hinteren Formschale 3 auf der Führung 23 der Halterung 7 aufliegt. Die Platzierung erfolgt so, dass die Passivseite möglichst symmetrisch zur Drehachse 5 ausgerichtet ist. Dabei wird das Dichtungselement 25 und/oder ein das Dichtungselement 25 tragender Faltenbalg 34, deformiert. Der Hohlraum 26 wird nun mit Vakuum beaufschlagt, so dass der Verbund 4 auf der Halterung 7 fixiert ist.

2. Die Drehlage des Verbunds 4 wird so eingestellt, dass die Markierung 28 der vorderen Formschale 2 eine vorbestimmte Drehlage  $\theta = 0^\circ$  einnimmt.

Der erste Motor 6 dreht nun die Halterung 7 bis die Markierung 28 der vorderen Formschale 2 eine vorbestimmte Drehlage einnimmt. Dieser Drehlage wird der Winkel  $\theta = 0^\circ$  zugeordnet. Für die Detektion der Markierung 28 ist ein erster (nicht dargestellter) Sensor vorhanden.

Die Lage der Schnittstelle  $H_v(\theta)$  zwischen der vorderen Formschale 2 und der Linse 1 hängt nicht nur von der vorderen Formschale 2, sondern auch von der Dicke der Linse 1, d.h. vom Abstand zwischen den beiden Formschalen 2, 3 ab. Wenn die Linse 1 beim Aushärten schrumpft, kann der Verlauf der Schnittstelle  $H_v(\theta)$  zwischen der vorderen Formschale 2 und der Linse 1 nicht berechnet werden, sondern muss durch eine Messung mittels eines zweiten (nicht dargestellten) Sensors bestimmt werden. Wenn die Linse 1 beim Aushärten hingegen nicht schrumpft, kann der Verlauf der Schnittstelle  $H_v(\theta)$  zwischen der vorderen Formschale 2 und der Linse 1 berechnet werden.

3. Es wird die Höhe  $H_1$  bestimmt, die die Referenzstelle der Passivseite der vorderen Formschale 2 annimmt.

Die Bestimmung der Höhe  $H_1$  erfolgt mittels eines dritten Sensors 35 in der Form eines Wegmesssensors. Der Wegmesssensor ist beispielsweise ein Taster, der abgesenkt wird und einen elektrischen Kontakt schliesst, sobald der Taster die Passivseite der vorderen Formschale 2 berührt. Sobald sich der elektrische Kontakt schliesst, übermittelt der Taster seine aktuelle Position als Höhe  $H_1$  an die Steuereinrichtung 12. Der Taster ist so positioniert, dass er die Höhe  $H_1$  an derjenigen Stelle der Passivseite der



vorderen Formschale 2 erfasst, an der die Passivseite bei der Bestimmung der Funktion  $R(\theta)$  auf der Führung 23 der Halterung 7 aufliegt.

Falls die vordere Formschale 2 mit der Markierung 36 versehen ist, dann wird als Höhe  $H_1$  die Höhe der Markierung 36 bestimmt. In diesem Fall ist der dritte Sensor 35 ein optischer Sensor, der nicht oberhalb des Verbunds 4, sondern seitlich neben dem Verbund 4 angeordnet ist.

Die Steuereinrichtung 12 holt sich die der vorderen Formschale 2 zugeordnete Funktion  $R(\theta) = R_v(\theta)$  aus einem ihr zugänglichen Speicher, die den Abstand des Randes der vorderen Formschale 2 von einer Referenzstelle auf der Passivseite in Funktion des Winkels  $\theta$  beschreibt. Der Verlauf der Schnittstelle 13 zwischen der vorderen Formschale 2 und der Linse 1 ist gegeben durch  $H_v(\theta) = H_1 - R_v(\theta)$ .

- 10 4. Das Trennwerkzeug 9 wird in der Höhe richtig positioniert und seitlich gegen die Linse 1 gedrückt.

Die Steuereinrichtung 12 berechnet nun den Wert  $H_v(\theta = \theta_s)$  und steuert den zweiten Motor 11 so an, dass das Trennwerkzeug 9 die Höhe  $H_v(\theta_s) - \Delta H_0$  einnimmt, wobei der Winkel  $\theta_s$  die azimuthale Lage des Trennwerkzeugs 9 und die Konstante  $\Delta H_0$  einen der Dicke des Trennwerkzeugs 9 entsprechenden Offsetwert bezeichnen. Anschliessend wird der Kolben 20 des Kraftgebers 10 mit einem vorbestimmten Differenzdruck beaufschlagt, so dass nun das Trennwerkzeug 9 unmittelbar unterhalb der Schnittstelle 13 zwischen der vorderen Formschale 2 und der Linse 1 gegen die Linse 1 drückt.

5. Es wird eine Zugkraft an die vordere Formschale 2 angelegt.

Der Roboterarm 15 wird um eine vorbestimmte Distanz angehoben. Da jetzt der vom Greifer 8 gehaltene Verbund 4 auf der Halterung 7 fixiert ist, wird die Feder 16 ausgelenkt und der Greifer 8 übt eine durch den Grad der Auslenkung der Feder 16 und deren Federkonstante definierte Zugkraft auf die vordere Formschale 2 aus.

Alternativ wird zunächst eine Druckkraft an die vordere Formschale 2 angelegt. Die Druckkraft wird aber im Verlaufe des nachfolgenden Verfahrensschrittes 6 - bevor die Linse (1) und die abzutrennende Formschale (2, 3) vollständig voneinander gelöst sind - abgebaut und eine Zugkraft aufgebaut.

- 25 Diese Verfahrensschritte dienen der Vorbereitung. Der eigentliche Trennvorgang zum Abtrennen der vorderen Formschale 2 von der Linse 1 kann jetzt durchgeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich die Höhe  $H_v(\theta)$  auf die Linse 1 bezieht, wobei der Winkel  $\theta = 0^\circ$  der Lage der Markierung 28 entspricht, dass aber das Trennwerkzeug 9 den azimuthalen Winkel  $\theta_s$  aufweist. Es ist also eine Winkeltransformation nötig, die zudem die Drehrichtung der Halterung 7 berücksichtigen muss.

- 30 Wenn die Linse annähernd kreisförmig ist, dann erfolgt der eigentliche Trennvorgang gemäss dem folgenden Verfahrensschritt:

6. Die Steuereinrichtung 12 veranlasst den ersten Motor 6 zu drehen und regelt den zweiten Motor 11 so, dass die Höhe  $H_{\text{Ist}}$  des Trennwerkzeugs 9 entsprechend dem aktuellen Drehwinkel  $\theta$  der vorderen Formschale 2 die Höhe  $H_v(\theta_s - \theta) - \Delta H_0$  einnimmt.

Die Steuereinrichtung 12 und der erste Motor 6 arbeiten in an sich bekannter Weise so zusammen, dass der Steuereinrichtung 12 der Drehwinkel  $\theta$  der vorderen Formschale 2 bekannt ist.

Die Fig. 4 zeigt in Aufsicht eine Linse 1 mit einer Abplattung 37. Der Rand der Linse 1 ist über einen weiten Winkelbereich  $\varphi$  kreisförmig und innerhalb des komplementären Winkelbereichs  $360^\circ - \varphi$  gerade. Dieser gerade Abschnitt entspricht der Abplattung. Der Winkel  $\theta_1$ , bei dem der gerade Abschnitt beginnt, und der Winkel  $\theta_2$ , bei dem der gerade Abschnitt endet, sind an sich, allerdings nicht sehr genau, bekannt. Es besteht ein gewisses Risiko, dass die vordere Formschale 2 oder die Linse 1 an den Enden der Abplattung 37 beschädigt werden. Um dieses Risiko zu eliminieren, wird die vom Kraftgeber 10 erzeugte Kraft entweder stark reduziert, vorzugsweise auf den Wert Null, oder es wird das Trennwerkzeug 9 sogar vom Verbund 4 abgehoben, jedesmal und solange sich die Abplattung 37 im Bereich des Trennwerkzeugs 9 befindet, d.h. für Winkel  $\theta_1 < \theta < \theta_2$  oder für Winkel  $\theta_1 - \delta < \theta < \theta_2 + \delta$ , wobei der Winkel  $\delta$  einen kleinen Toleranzwinkel darstellt, der der Ungenauigkeit Rechnung trägt, mit der die Winkel  $\theta_1$  und  $\theta_2$  bekannt sind.

Wenn die Linse eine solche Abplattung 37 enthält, dann erfolgt das Abtrennen deshalb vorzugsweise gemäss dem folgenden Verfahrensschritt:

- 6'. Die Steuereinrichtung 12 veranlasst den ersten Motor 6 zu drehen und regelt erstens den zweiten Motor 11 so, dass die Höhe  $H_{\text{Ist}}$  des Trennwerkzeugs 9 entsprechend dem aktuellen Drehwinkel  $\theta$  der vorderen Formschale 2 die Höhe  $H_v(\theta_s - \theta) - \Delta H_0$  einnimmt, und regelt zweitens die vom Kraftgeber 10 ausgeübte Kraft  $F$  gemäss einem vorbestimmten, vom Drehwinkel  $\theta$  abhängigen Profil  $F(\theta_s - \theta)$ .

Die Fig. 5 zeigt ein erstes Beispiel für ein Kraftprofil  $F(\theta)$ . Der Drehwinkel  $\theta$  erstreckt sich naturgemäss über einen Bereich von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$ . Die Kraft  $F$  ist konstant in den Bereichen  $0^\circ$  bis  $\beta_1$  und  $\beta_2$  bis  $360^\circ$ , wobei der Winkel  $\beta_1 < \theta_1$  und der Winkel  $\beta_2 > \theta_2$  ist. Im Bereich  $\beta_1$  bis  $\theta_1$  wird die Kraft  $F$  auf den Wert Null abgebaut, im Bereich  $\theta_2$  bis  $\beta_2$  wird die Kraft wieder auf den konstanten Wert aufgebaut.

Die Fig. 6 zeigt ein zweites Beispiel für ein Kraftprofil  $F(\theta)$ , bei dem die angelegte Kraft über mehrere Umdrehungen (dargestellt sind  $3 \cdot 360^\circ$ ) der Halterung 7 kontinuierlich ansteigt.

Die Fig. 7 zeigt ein drittes Beispiel für ein Kraftprofil  $F(\theta)$ , bei dem die angelegte Kraft zusätzlich einen Vibrationsanteil aufweist.

Wenn der Trennvorgang beendet ist, hebt die vordere Formschale 2 infolge der vom Greifer 8 ausgeübten Zugkraft von der Linse 1 ab. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Linse 1 nicht

verkratzt werden kann, sobald die Linse 1 und die vordere Formschale 2 voneinander getrennt sind. Sobald ein Sensor dieses Abheben detektiert, stoppt die Steuereinrichtung 12 den ersten Motor 6 und bewegt den Kraftgeber 10 in seine Ruhestellung, in der das Trennwerkzeug 9 den Verbund 4 nicht mehr berührt. Der Roboterarm 15 deponiert die abgelöste vordere Formschale 2 auf einem Transportband.

5 Nun erfolgt auf analoge Weise das Abtrennen der Linse 1 von der hinteren Formschale 3. Die Steuereinrichtung 12 holt sich die der hinteren Formschale 3 zugeordnete Funktion  $R(\theta) = R_h(\theta)$  aus dem Speicher, die den Abstand des Randes der hinteren Formschale 3 von ihrer Passivseite in Funktion des Winkels  $\theta$  beschreibt. Die Höhe  $H_2$  der hinteren Formschale 3 ist durch die Höhe  $H_2$  der Führung 23 der Halterung 7 definiert und muss nicht jedesmal bestimmt werden. Der Verlauf der Schnittstelle zwischen  
10 der hinteren Formschale 3 und der Linse 1 ist gegeben durch  $H_h(\theta) = H_2 + R_h(\theta)$ . Falls die hintere Formschale 3 jedoch mit der Markierung 36 versehen ist, dann wird als Höhe  $H_2$  die Höhe der Markierung 36 bestimmt.

7. Die Drehlage des Verbunds 4 wird so eingestellt, dass die Markierung 28 der hinteren Formschale 3 eine vorbestimmte Drehlage  $\theta=0^\circ$  einnimmt.

15 8. Das Trennwerkzeug 9 wird auf die Höhe  $H_h(\theta=\theta_s) + \Delta H_0$  positioniert und gegen den Verbund 4 gedrückt.

9. Der Greifer 8 kontaktiert die Linse 1 und übt eine Kraft, in der Regel eine Zugkraft, auf die Linse 1 aus.

Der eigentliche Trennvorgang zum Abtrennen der Linse 1 von der hinteren Formschale 3 kann jetzt  
20 durchgeführt werden:

10. Die Steuereinrichtung 12 veranlasst den ersten Motor 6 zu drehen und regelt den zweiten Motor 11 so, dass die Höhe  $H_{1st}$  des Trennwerkzeugs 9 entsprechend dem aktuellen Drehwinkel  $\theta$  der hinteren Formschale 3 die Höhe  $H_h(\theta_s - \theta) + \Delta H_0$  einnimmt.

bzw. bei Linsen mit einer Abplattung 37

25 10. Die Steuereinrichtung 12 veranlasst den ersten Motor 6 zu drehen und regelt erstens den zweiten Motor 11 so, dass die Höhe  $H_{1st}$  des Trennwerkzeugs 9 entsprechend dem aktuellen Drehwinkel  $\theta$  der hinteren Formschale 3 die Höhe  $H_h(\theta_s - \theta) + \Delta H_0$  einnimmt, und regelt zweitens die vom Kraftgeber 10 ausgeübte Kraft  $F$  gemäß einem vorbestimmten, vom Drehwinkel  $\theta$  abhängigen Profil  $F(\theta_s - \theta)$ .

30 Wenn der Trennvorgang beendet ist, hebt die Linse 1 infolge der vom Greifer 8 ausgeübten Zugkraft von der hinteren Formschale 3 ab. Sobald der Sensor dieses Abheben detektiert, stoppt die Steuereinrichtung 12 den ersten Motor 6 und bewegt den Kraftgeber 10 in seine Ruhestellung. Der Roboterarm 15

deponiert die Linse 1 und anschliessend die hintere Formschale 3 auf dem Transportband.

Wenn der Trennvorgang durch Zuführen eines Trennmittels unterstützt werden soll, dann ist neben dem Trennwerkzeug 9 eine Düse angeordnet, die das Trennmittel auf die vom Trennwerkzeug 9 bearbeitete Fläche befördert.

- 5 Im Beispiel war die Grösse  $\Delta H_0$  eine Konstante. Die Grösse  $\Delta H_0$  kann aber auch eine vom Drehwinkel  $\theta$  abhängige Grösse  $\Delta H_0(\theta)$  sein. Auf diese Weise kann auch eine während des Trennvorgangs zunehmende Verformung der abzutrennenden Formschale berücksichtigt werden.

- Die beschriebene Vorrichtung zeichnet sich durch einen einfachen Aufbau aus. Da es aber nur auf eine Relativbewegung ankommt, wenn das Trennwerkzeug der Schnittstelle 13 zwischen der abzutrennenden  
10 Formschale und der Linse folgen muss, könnte auch die Höhe des Trennwerkzeugs 9 konstant gehalten und die Höhe der Halterung 7 verstellbar ausgebildet sein. Zudem könnte der Kraftgeber 10 auf die Halterung 7 oder auf eine Gegendruckrolle 14 einwirken (und nicht auf das Trennwerkzeug 9), um die vom Trennwerkzeug 9 auf die Linse 1 einzuwirkende Kraft zu erzeugen. Der Verlauf der Schnittstelle 13 kann auch während des Trennvorgangs mittels eines Sensors gemessen werden, wobei das Ausgangs-  
15 signal des Sensors von der Steuereinrichtung 12 verarbeitet und in einen Stellbefehl für den zweiten Motor 11 des Trennwerkzeugs 9 umgesetzt wird.

Bei der beschriebenen Vorrichtung dreht der erste Motor 6 die Halterung 7 und das Trennwerkzeug 9 wird passiv mitgedreht. Umgekehrt könnte der erste Motor 6 das Trennwerkzeug 9 drehen und die Halterung 7 passiv mitdrehen.

- 20 Die beschriebene Vorrichtung weist zwei Gegendruckrollen 14 und ein einziges Trennwerkzeug 9 auf. Es ist aber auch möglich, mehr als ein Trennwerkzeug vorzusehen, beispielsweise zwei oder drei, und die Zahl der Gegendruckrollen zu reduzieren. Dabei wird die Höhe jedes Trennwerkzeugs einzeln entsprechend seiner azimuthalen Position und des Drehwinkels  $\theta$  der abzutrennenden Formschale 2 bzw. 3 von der Steuereinrichtung 12 geregelt.
- 25 Die Fig. 8 zeigt eine weitere Vorrichtung, bei der das Trennwerkzeug 9 eine feste Höhe einnimmt und der zweite Motor 11 die Höhe H der Halterung 7 einstellen kann.

- Die Fig. 9 zeigt eine als Durchlaufstation ausgebildete Vorrichtung zum Abtrennen gegossener Linsen von ihren Formschalen. Die Vorrichtung enthält ein Trennwerkzeug 9 mit einer fixen Höhe H in der Form einer geraden, vorzugsweise stumpfen Klinge 38 und mehrere Halterungen 7 für die Aufnahme je  
30 eines vollständigen Verbunds 4 oder eines Verbunds 4, dessen eine Formschale bereits abgetrennt worden ist. Die Halterungen 7 werden von einem linearen Förderantrieb 39 parallel zum Trennmittel 38 in der mit x bezeichneten Richtung transportiert, wobei die Linsen 1 gegen das Trennmittel 38 gedrückt

werden (oder das Trennmittel 38 gegen die Linsen 1) und auf dem Trennmittel 38 abrollen. Die Höhe H einer jeden Halterung 7 ist mittels eines in die Halterung 7 integrierten Motors 40 einzeln einstellbar. Die Steuereinrichtung 12 steuert die Höhe H jeder einzelnen Halterung 7 individuell, so dass die Höhe jeder Halterung 7 entsprechend ihrem aktuellen Drehwinkel der Schnittstelle zwischen der Linse 1 und der von der Linse 1 abzutrennenden Formschale 2 oder 3 folgt. Jeder Halterung 7 ist zudem ein (nicht dargestellter) Greifer zugeordnet, der eine Zug-, Druck- und/oder Scherkraft auf die vordere Formschale 2 bzw. auf die Linse 1 ausübt. Der Roboter übergibt den Verbund 4 auf der Eingangsseite der Vorrichtung an eine Halterung 7.

Es wurden hier zu illustrativen Zwecken gegenwärtig bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und beschrieben, doch es sind zahlreiche Variationen und Modifikationen möglich, die innerhalb des Konzepts und des Geltungsbereichs dieser Erfindung bleiben.

Es wird hier explizit nochmals darauf hingewiesen, dass es in den Ansprüchen keine Rolle spielt, welche der beiden Formschalen als hintere Formschale und welche als vordere Formschale bezeichnet wird.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Trennen einer gegossenen Linse (1) von einer Formschale (2; 3), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Trennwerkzeug (9) mit einer Kraft auf der Linse (1) entlang der Schnittstelle zwischen der Linse (1) und der Formschale (2, 3) geführt wird.
- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraft gemäss einem vom Drehwinkel der Formschale (2, 3) abhängigen Profil geregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch die Schritte:**
- Fixieren eines aus der Linse (1) und einer oder zwei Formschalen (2; 3) bestehenden Verbunds (4) auf einer um eine Drehachse (5) drehbaren Halterung (7), wobei der Drehwinkel der abzutrennenden Formschale (2, 3) als Drehwinkel  $\theta$  bezeichnet ist,
  - Einstellen einer Höhe des Trennwerkzeugs (9) oder der Halterung (7) und Beaufschlagen des Trennwerkzeugs (9) mit der Kraft, so dass das Trennwerkzeug (9) neben der Schnittstelle (13) zwischen der abzutrennenden Formschale (2; 3) und der Linse (1) gegen die Linse (1) drückt, und
  - Drehen der Halterung (7), wobei die Höhe des Trennwerkzeugs (9) oder die Höhe der Halterung (7) entsprechend dem aktuellen Drehwinkel  $\theta$  dem Verlauf der Höhe der Schnittstelle (13) nachgeführt wird.
- 10
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die auf der Halterung (7) fixierte Formschale als hintere Formschale (3) bezeichnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine weitere Kraft an die vordere Formschale (2) bzw. an die Linse (1), wenn die hintere Formschale (3) von der Linse (1) abzutrennen ist, angelegt wird und dass die weitere Kraft bereits zu Beginn des Trennvorgangs oder mindestens bevor die Linse (1) und die abzutrennende Formschale (2, 3) vollständig voneinander gelöst sind als Zugkraft aufgebaut wird.
- 15
5. Vorrichtung zum Trennen einer zwischen einer vorderen und einer hinteren Formschale (2, 3) eingegossenen Linse (1) von den beiden Formschalen (2, 3), **gekennzeichnet durch**
- eine um eine erste Drehachse (5) drehbare Halterung (7), auf der die hintere Formschale (3) fixierbar ist, wobei die Drehlage der abzutrennenden Formschale (2, 3) durch einen Drehwinkel  $\theta$  charakterisiert ist,
  - einen um eine zweite Drehachse (17) drehbaren Greifer (8), um auf die vordere Formschale (2) bzw. nach deren Entfernung auf die Linse (1) eine Kraft auszuüben,
  - einen Kraftgeber (10) und ein Trennwerkzeug (9), das um eine dritte Drehachse (33) drehbar ist und das mittels des Kraftgebers (10) seitlich gegen die Linse (1) gedrückt wird,
  - einen ersten Motor (6), um die Halterung (7) oder das Trennwerkzeug (9) zu drehen,
  - einen zweiten Motor (11), um eine längs der ersten Drehachse (5) gemessene Höhe  $H$  des
- 20
- 25
- 30

Trennwerkzeugs (9) oder der Halterung (7) zu verstellen,

- eine Steuereinrichtung (12), die den zweiten Motor (11) so steuert, dass das Trennwerkzeug (9) neben der Schnittstelle (13) zwischen der abzutrennenden Formschale (2, 3) und der Linse (1) auf die Linse (1) drückt, wobei die Höhe H des Trennwerkzeugs (9) bzw. der Halterung (7) der Höhe der Schnittstelle (13) zwischen der abzutrennenden Formschale (2, 3) und der Linse (1) in Abhängigkeit vom Drehwinkel  $\theta$  folgt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (12) die vom Kraftgeber (10) ausgeübte Kraft gemäss einem vom Drehwinkel  $\theta$  abhängigen Profil regelt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Trennwerkzeug (9) um eine zweite Achse (33) drehbar gelagert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Drehachse (33) des Trennwerkzeugs (9) gegenüber der ersten Drehachse (5) um einen vorbestimmten Winkel ( $\alpha$ ) geneigt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Drehachse (33) des Trennwerkzeugs (9) gegenüber der ersten Drehachse (5) verstellbar ist.

10. Vorrichtung zum Trennen einer zwischen einer vorderen und einer hinteren Formschale (2, 3) eingegossenen Linse (1) von den beiden Formschalen (2, 3), gekennzeichnet durch

- ein Trennwerkzeug (9) mit einem geraden Trennmittel (38),
- mehrere um eine Achse drehbare Halterungen (7), auf der die hintere Formschale (3) fixierbar ist, mit je einem Motor (40), um eine Höhe der Halterung (7) relativ zum Trennmittel (38) zu verstellen,
- einen linearen Förderantrieb (39), der die Halterungen (7) parallel zum Trennmittel (38) transportiert, wobei die Linsen (1) auf dem Trennmittel (38) abrollen, und
- eine Steuereinrichtung (12), die die Motoren (40) der Halterungen (7) individuell so steuert, dass die Höhe der Linse (1) der Höhe der Schnittstelle zwischen der Linse (1) und der von der Linse (1) abzutrennenden Formschale (2; 3) folgt.

**ZUSAMMENFASSUNG**

- 5 Beim Abtrennen einer gegossenen Linse (1) von den Formschalen (2, 3) drückt ein Trennwerkzeug (9) zwar auf die Linse (1), aber eine Höhe des Trennwerkzeugs (9) wird entlang der Schnittstelle (13) zwischen der Linse (1) und der von der Linse (1) abzutrennenden Formschale (2, 3) geführt. Bei einer bevorzugten Ausführung wird der aus der Linse (1) und den Formschalen (2, 3) gebildete Verbund (4) auf einer um eine Drehachse (5) drehbaren Halterung (7) fixiert, die Halterung (7) mittels eines ersten Motors (6) gedreht und die Höhe des Trennwerkzeugs (9) mittels eines zweiten Motors (11) der Höhe der Schnittstelle (13) in Abhängigkeit des Drehwinkels nachgeführt.



Fig. 1

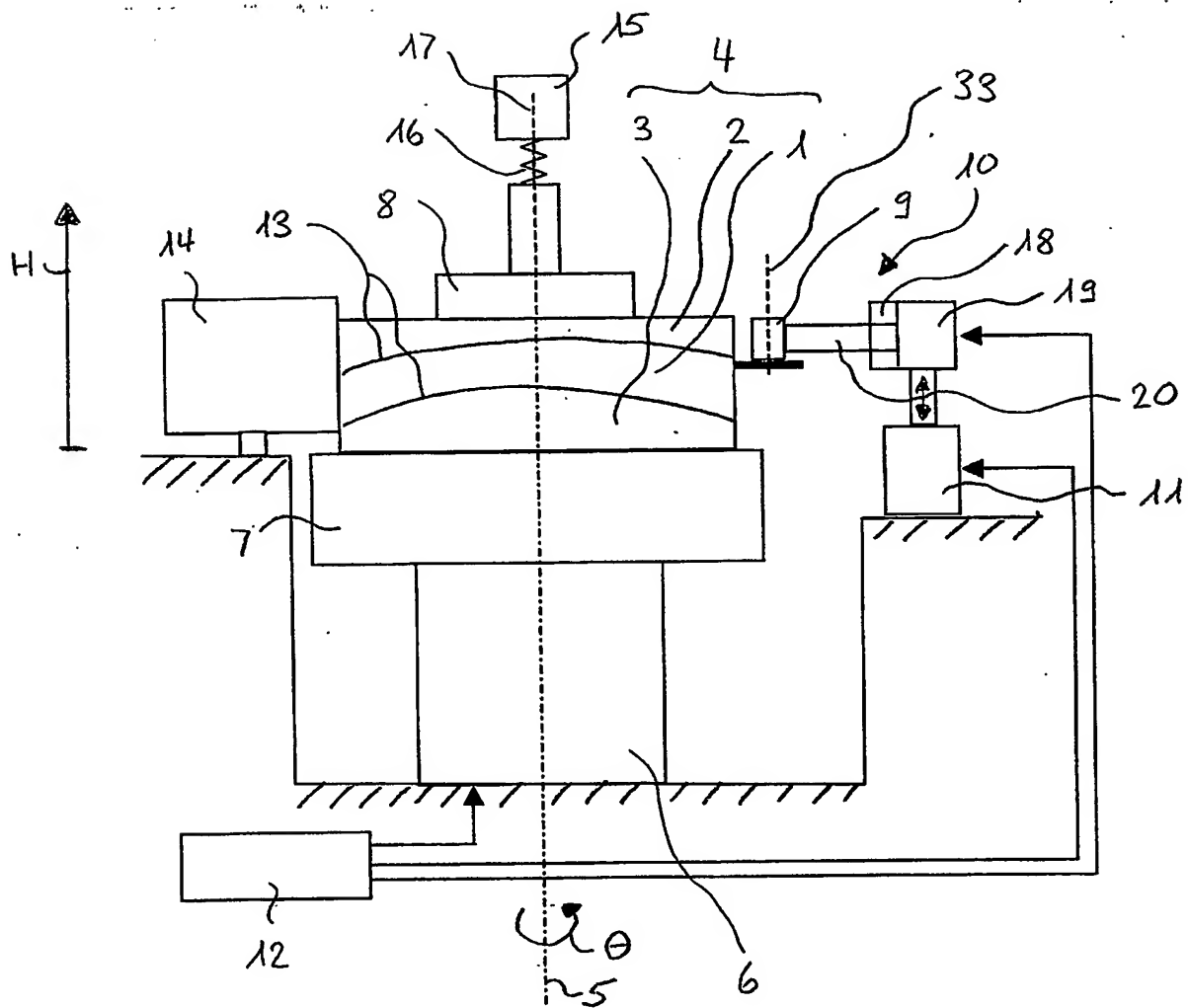


Fig. 2

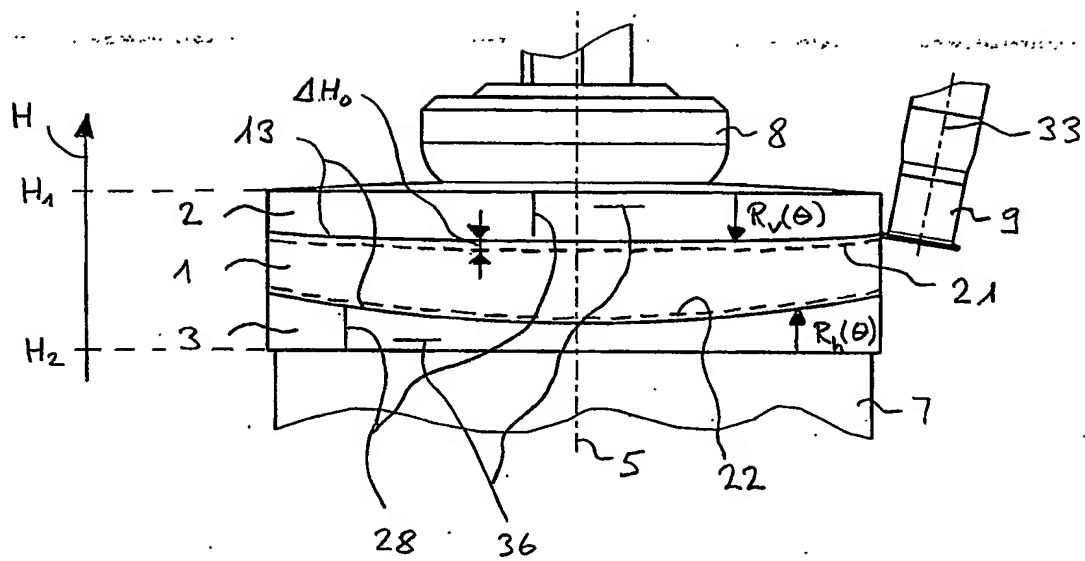


Fig. 3

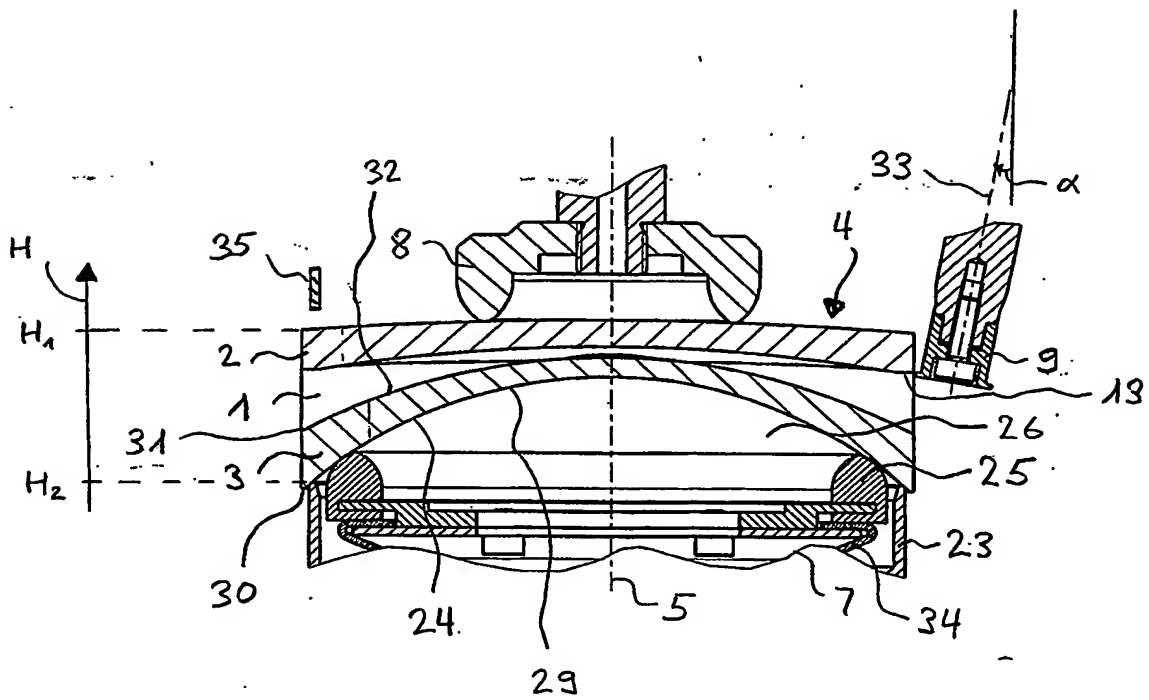


Fig. 4

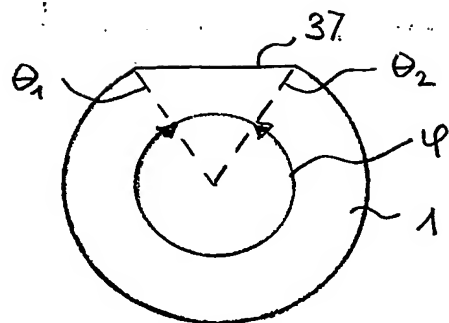


Fig. 5

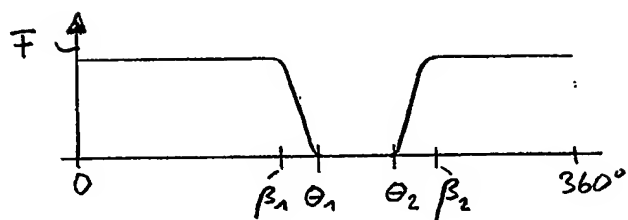


Fig. 6

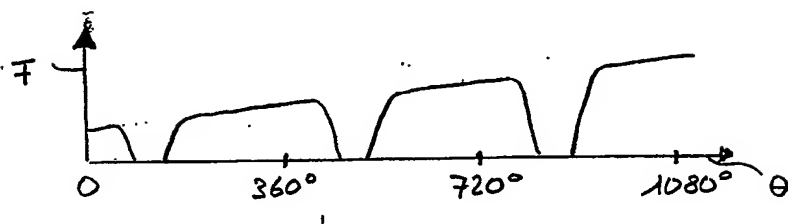


Fig. 7

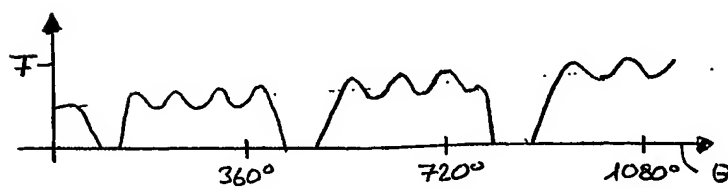


Fig. 8

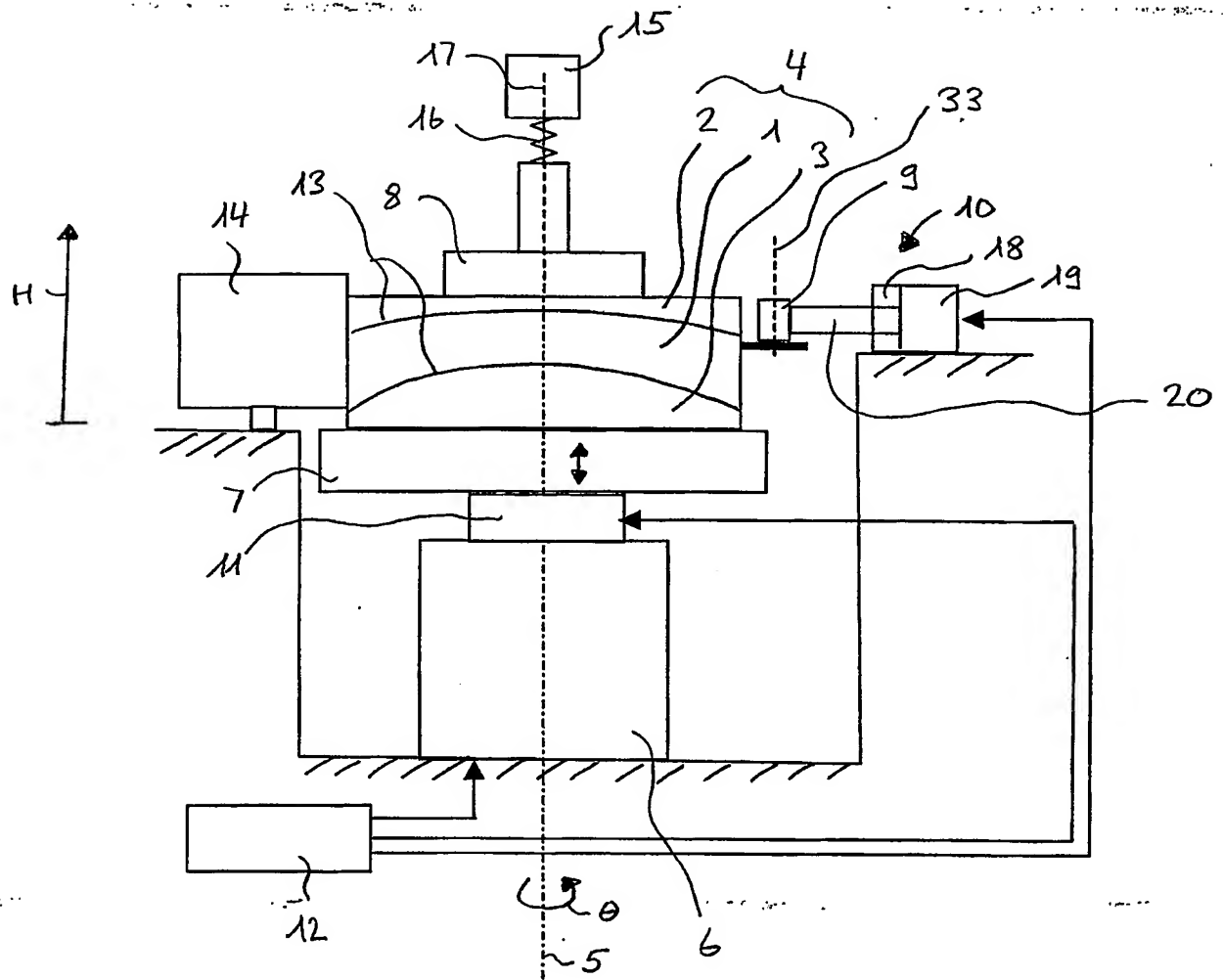
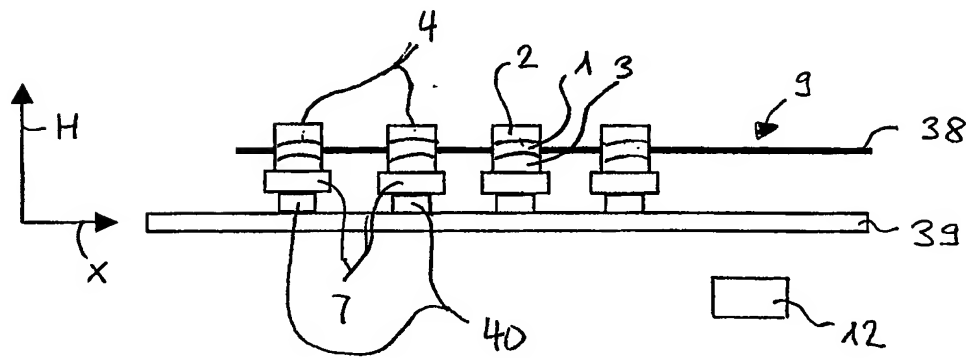


Fig. 9



# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/052205

International filing date: 13 May 2005 (13.05.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: EP  
Number: 04102204.7  
Filing date: 18 May 2004 (18.05.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 06 July 2005 (06.07.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**